Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Berlin
(Direktor: Prof. Dr. Dieck)

Ueber das Schleifen in der Zahnheilkunde

Untersuchungen über den Einfluß von Druck und Tourenzahl auf den Schleifeffekt

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der

Zahnärztlichen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

vorgelegt von

Anneliese Franke
aus Hainichen (Sachsen)

Tag der Promotion: 5. 12. 1933

Druck von Gebrüder Hoffmann, Charlottenburg Schillerstr. 44

70

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Gocht

Referent: Priv.-Doz. Dr. Münzesheimer
Korreferent: Prof. Dr. Schröder

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Ueber das Schleifen in der Zahnheilkunde.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533918_0045

Einleitung:

Es sind in den letzten Jahren von zahnärztlicher Seite verschiedene Arbeiten über Schleifmittel und deren günstige Verwendung in der zahnärztlichen Praxis erschienen. So geben Rohde, Krumsiek, Mathieu dem Zahnarzt in der Praxis wertvolle Hinweise, die in der Industrie hergestellten Schleifmittel rationell zu verwerten, d. h. die Art des Schleifsteines nach dem Werkstück (Dentin, Schmelz, Gold, Amalgam usw.) auszuwählen. Auch die Arbeit von Huet, Brüssel, über die Schleiftechnik ist von großer Wichtigkeit für die Praxis.

Aus den Untersuchungen der oben genannten Autoren geht hervor, daß unsere übliche Bohrmaschine nicht mehr den Anforderungen der modernen Praxis gewachsen ist. Der Uebergang von den Stahlbohrern zu den Schleifsteinen erfordert auch eine Anpassung der Bohrmaschine an das neue Schleifmittel, insbesondere eine Erhöhung der Tourenzahl. Während in der allgemeinen Schleifindustrie Tourenzahl der Schleifmaschine, Beschaffenheit des Schleifmittels und Art des Werkstückes harmonisch aufeinander abgestimmt werden, um Höchstleistungen zu erzielen, wurden diese Zusammenhänge in unserer Praxis noch oft vernachlässigt. Da man in den letzten Jahren immer mehr dazu übergegangen ist, statt der Stahlbohrer Schleifscheiben in der Kavitätenpräparation zu benutzen, muß also unsere Schleiftechnik dem Schleifmaterial angepaßt werden. Dabei ist besonders die für Schleifscheiben zu niedrige Tourenzahl unserer Bohrmaschinen zu bedenken.

Es ist daher zu begrüßen, daß die Hersteller zahnärztlicher Bohrmaschinen sich bemühen, diesen Punkten Rechnung zu tragen. Insbesondere wird versucht, die Tourenzahl der Bohrmaschinen zu erhöhen. Um jedoch die Maschinen auch weiterhin für Stahlbohrer verwenden zu können, die doch nie ganz in der Praxis

entbehrt werden können, hat man den Bau der Maschinen im Prinzip nicht geändert, also die alte Tourenzahl nicht verändert. Die Erhöhung der Umdrehungszahl wird erreicht, indem man zwischen Bohrschlauch und Handstück ein Zwischenglied mit höherer Uebersetzung einschaltet, oder am Winkelstück durch einen anderen aufsteckbaren Kopf mit höherer Uebersetzung ebenfalls die Drehzahl der Scheibe erhöht.

Wir wollen durch unsere Untersuchungen zeigen, welchen Einfluß eine Aenderung der Tourenzahl und des Druckes auf den Schleifeffekt hat.

Zuvor wollen wir kurz auf die Schleifmittel und ihre Verwendung in der zahnärztlichen Praxis eingehen.

Schleifmittel:

Neben den Stahlbohrern (Fräsen) spielen die Schleifsteine eine große Rolle auf dem Gebiet der konservierenden und auch der prothetischen Zahnheilkunde. Geht man doch in der Kavitätenpräparation immer mehr dazu über, Schleifsteine zu verwenden, deren gute Schleifwirkung durch folgende Ueberlegung erklärt wird:

„Die Schleifscheibe wirkt wie ein Fräser, der mit großer Zahl von Messerkanten bei hoher Schnittgeschwindigkeit arbeitet. Jedes Korn ist ein Messer, die Bindung der Halter".

Die Schleifsteine werden in der Hauptsache aus Silizium-Karbid hergestellt, welches künstlich dargestellt wird. Man verwendet heute in der Hauptsache künstliche Schleifrohstoffe, da diese in der Struktur und Zusammensetzung regelmäßiger sind als natürliche Schleifmittel und daher größere Schleifwirkung haben. Von den natürlichen Schleifmitteln werden für Schleifscheiben in der Zahnheilkunde noch Diamant und Arkansas verwendet.

Der Diamant ist infolge seiner Härte das idealste Schleifmittel und wird in seiner guten Schleifwirkung von keinem anderen Schleifmittel erreicht. Er wird in der Zahnheilkunde in Form von Kupferkegeln oder -scheiben verwendet, die mit Diamantkörnchen belegt sind. Man ist in der letzten Zeit bemüht, eine neue Bindung für Diamantscheiben zu finden, da die Kupferbindung den

Diamantstaub oft nicht genügend festhält, somit dieses teure Schleifmaterial nicht genügend ausgenutzt wird.

Für unsere Zwecke ist das Silizium-Karbid das wichtigste Schleifmittel. Es ist im Handel als Carborundum, Carbora, Carbolon, Carborite, Crystolon erhältlich.

Die Erfindung dieses wertvollen Schleifmittels verdanken wir dem nordamerikanischen Chemiker Acheson, der das SiC im Jahre 1891 chemisch darstellte. Er gab dem Erzeugnis den Namen Carborundum; diese Bezeichnung ist heute in Deutschland den Deutschen Carborundum-Werken, Düsseldorf-Reisholz gesetzlich geschützt.

Das Silizium-Karbid wird im elektrischen Ofen hergestellt und zwar durch Schmelzen von

55 Teilen Quarz,
37 Teilen Koks,
4 Teilen Sägespäne,
1 Teil Kochsalz

bei einer Temperatur von 1800—2000 Grad Celsius. Diese Temperatur wird 36—38 Stunden auf dieser Höhe gehalten. Das Kochsalz wird beigegeben, um die Verunreinigungen zu entfernen, die als Chloride entweichen. Das Sägemehl dient dazu, die Masse porös zu machen, um den sich beim Brennprozeß entwickelnden Gasen Abzug zu verschaffen. Nach dem Brande wird die Masse, die aus grünlich-glänzenden Kristallen besteht, gereinigt, zerkleinert und je nach dem Verwendungszweck gröber oder feiner zermahlen. In den Handel kommt das SiC als

Schleifkorn,
Schleifpapier,
Schleifleinen,
Schleifscheiben,
Schleiffeilen,
Schleifpasten.

Als zweites künstliches Schleifmittel kommt für uns der Elektrokorund in Frage, im Handel befindlich als Abrasite, Aloxite, Alundum, Elektrorubin, Veralundum etc.

Der Elektrokorund wird durch Zusammenschmelzen von Bauxit und Kohle im Lichtbogenofen hergestellt. Bauxit ist ein in größerer Menge und in besonderer Reinheit in Südfrankreich vor-

kommendes Aluminiumoxyd. Die erstmalige Darstellung des Elektrokorunds stammt von dem deutschen Chemiker Ernst Moyat, dessen Erfindung im Jahre 1894 durch Patent geschützt wurde.

Herstellung der Schleifscheiben:

Um die Schleifpulver und -körner in Form von Schleifscheiben verwenden zu können, ging man gegen Ende des vorigen Jahrhunderts dazu über, durch Bindemittel die einzelnen Körner zusammenzuhalten. Diese Bindemittel beeinflussen wesentlich die Härte einer Schleifscheibe. Brechen die Schleifkörner zu früh aus, dann schleift die Scheibe zwar gut, nutzt sich jedoch schnell ab. Brechen sie zu spät aus, dann setzen sich die Poren mit Abschliff zu, die Scheibe fängt an zu „schmieren". Die Scheibe wird blank und heiß und schädigt den Werkstoff, d. h. in unserem Falle: der Patient bekommt Schmerzen durch die Wärmeentwicklung. Daraus ergibt sich, daß die Bindung so beschaffen sein muß, daß die Schleifkörner erst herausbrechen dürfen, wenn sie stumpf geworden sind.

Die verschiedenen Arten von Bindungen sind:

1. mineralisch,
2. vegetabilisch,
3. keramisch.

Die mineralische Bindung wird verwendet bei Trockenschleifen und niedriger Drehzahl. Ihr Anwendungsgebiet ist begrenzt.

Die vegetabilische Bindung (Gummi, Schellack) wird in der Werkzeugindustrie benutzt. Die Gummi-Bindung wird verwendet, wenn die Schleifenscheibe hoher mechanischer Beanspruchung ausgesetzt ist, also z. B. stark auf Biegung belastet wird. Für unsere Arbeiten wird die Gummi-Bindung für Polierscheiben verwendet.

Die keramische Bindung (Silikatbindung) wird für Naß- und Trocken-Schleifen verwendet. Die von uns verwendeten Siliziumkarbid-Scheiben sind meist keramisch gebunden.

Die Härte einer Schleifscheibe ist neben der Art des Bindemittels und der Stärke desselben zwischen den einzelnen Schleifkörnern auch außerdem von der Schleifkorngröße abhängig.

Schleifprozeß:

Die Verwendung der Schleifmittel in der Industrie ist eine so große, daß wir kaum einen Gegenstand finden werden, der nicht der Schleifindustrie Arbeit gegeben hat. Wenn wir die Arbeit auf dem großen Gebiete der Schleifindustrie verfolgen, dann fällt uns auf, wie genau die verschiedenen Faktoren berücksichtigt werden, um ein günstiges, d. h. rationelles Schleifen zu erzielen. Es wird Rücksicht genommen auf Härte der Scheibe, auf Härte des Werkstückes, Größe der Scheibe, Umlaufszahl derselben, Bau der Maschine usw. Natürlich können wir nicht so wie die Industrie versuchen, bei unserem Schleifen stets Höchstleistungen zu erzielen. Unser Werkstoff, der menschliche Zahn, ist ein heterogenes Gebilde, auf welches wir nicht in vollem Maße die Erfahrungen der allgemeinen Schleifindustrie anwenden können. Dazu kommt noch, daß wir es mit einem Organ zu tun haben, bei dem Erwärmung und Erschütterung des Werkstoffes nicht nur als objektive Schädigung desselben bemerkbar werden, sondern auch subjektiv als Schmerz in Erscheinung treten.

Wir wollen nun versuchen, unter Berücksichtigung der Verhältnisse im Munde, die wichtigsten Faktoren des Schleifprozesses in der Industrie auch für unser Gebiet, d. h. den Schleifvorgang am menschlichen Zahn, zu verwerten. Wir wollen einige Punkte herausgreifen, deren Beachtung in der Praxis von großer Bedeutung ist.

1. Zentrieren der Scheiben:

Wie oft geschieht es, daß ein Stein, der durch Schlagen den Zahn erschüttert und dem Patienten Schmerzen verursacht, beiseite gelegt wird, ohne weiter verwendet zu werden. Im günstigsten Falle wird er für die Laboratoriumsarbeit, zum Ausarbeiten der Gußarbeiten weiter verwendet. Um diese Scheiben für die Arbeit am Patienten weiter verwenden zu können, muß man sie abrichten, wie es in der Industrie allgemein üblich ist, d. h. durch Schleifen auf einem härteren Material wird die Schleifscheibe abgerundet und läuft wieder zentrisch. Durch das Schlagen der Scheibe wird nicht nur der Patient belästigt, sondern auch ein geringerer Schleifeffekt erzielt, da der Beruhigungsbogen zwischen

Scheibe und Werkstück verringert wird, also die Zahl der schneidenden Körner herabgesetzt ist.

Neben dem Zentrieren des Steines werden gleichzeitig die meist von Abschliff zugesetzten Poren des Schleifsteines gesäubert, es kommen neue scharfe Schleifkörner an die Oberfläche. Gewiß ist gleichzeitig mit dem Abrichten ein Substanzverlust des Steines verbunden. Bei sehr kleinen Steinen ist daher ein Abrichten oft nicht möglich. Durch diese Zentriersteine ist man gleichzeitig dazu in der Lage, alte, unbrauchbar gewordene Steine in neue Formen umzuschleifen. So kann man sich selbst aus einem alten Steine jede gewünschte Form herstellen.

Die bisher erschienenen Abrichtsteine bestehen meist aus Siliziumkarbid-Steinen grober Körnung und sehr harter Bindung. Zum Teil bestehen sie aus einem einfachen Stab, und es erfordert große Geschicklichkeit, die Steine freihändig auszurichten. Neuere Systeme haben eine Vorrichtung, die den Schleifstaub auffängt und gleichzeitig ein Aufstützen des Handstückes gestattet.

Neben den Siliziumkarbid-Abrichtsteinen gibt es bereits Diamant-Zentrier-Instrumente für zahnärztliche Schleifscheiben.

2. Naß-Schleifen.

Um beim Schleifen eine Schädigung der Pulpa zu vermeiden, muß das Heiß-Laufen des Steines verhindert werden. Es ist unbedingt nötig, mit Wasserkühlung zu schleifen, wie es auch in der Industrie für die keramisch gebrannten Scheiben verlangt wird. Die ständige Berieselung des Steines und Werkstückes mit Wasser hat nicht nur den Zweck der Kühlung, sondern befördert gleichzeitig den Abschliff fort. Auch in hygienischer Hinsicht ist das Naß-Schleifen erforderlich, da der Patient den Schleifstaub sonst einatmen würde. Die Kühlung verhindert weiterhin ein Schmieren der Scheibe, denn die heiß und stumpf werdenden Körner werden rechtzeitig aus der Bindung gesprengt und geben frische, scharfe Schleifkörner frei.

3. Körnung:

Für den Schleifeffekt ist neben der Art der Bindung die Größe der Körnung von Wichtigkeit. Ein grobes Korn hat natür-

lich eine größere Schnittiefe und schleift eine größere Menge vom Werkstück ab als ein feines Korn; es ruft jedoch eine größere Erschütterung des zu bearbeitenden Werkstoffes hervor. Vergleichen wir die Schleifwirkung zweier Steine von gleicher Härte und verschiedener Körnung, so sehen wir bei dem groben Korn eine große Schnittwirkung, jedoch auch eine schnelle Abnutzung der Scheibe, der Stein wirkt also relativ weich.

Die Schleifscheibe gleicher Härte und feiner Körnung schleift weniger stark und neigt zum Verschmieren, sie wirkt also als harte Scheibe. Daraus ergibt sich, daß die Schleifkraft einer Scheibe neben der Art der Bindung wesentlich von der Körnung des Schleifmittels abhängt.

Für unsere Zwecke genügt es vollkommen, Scheiben mit drei verschiedenen Körnungen herzustellen: grob, mittel, fein. Es ist leider in der Industrie noch nicht zu einer Einigung gekommen, die Schleifkorngröße zu normen. Jede Fabrik hat eine andere Einteilung der Korngrößen. Teils werden die Körnungen durch Zahlen, teils durch Buchstaben ausgedrückt. Dazu kommt noch, daß ein für unsere Zwecke grobes Korn in der Industrie als fein bezeichnet wird und eine Umwertung nötig macht.

4. Härte des Werkstoffes und Schleifmittels:

Bei der Auswahl der Schleifmittel ist auf die Härte des Werkstoffes Rücksicht zu nehmen. Wir haben es beim Zahn mit einem heterogenen Material zu tun; der Schmelz hat eine andere Härte als das Dentin. Nach den Untersuchungen von Wedl steht der Schmelz an 7. Stelle der Mohs'schen Härteskala, hat also ungefähr die Härte des Quarzes. Das Dentin hat dagegen die Härte 5—6, steht also zwischen Apatit und Feldspat.

Um die Regeln der Schleifindustrie genau zu befolgen, müßte man für den Schmelz härtere Scheiben wählen als für das Dentin. Da wir jedoch be ider Kavitätenpräparation meist gleichzeitig Schmelz und Dentin schleifen, können wir nicht auf die Härte der einzelnen Bestandteile des Werkstückes Rücksicht nehmen. Wir müssen die Scheiben auswählen nach einer Eigenschaft, die beiden Bestandteilen eigen ist. Dies ist die geringe Zerreißfestigkeit und geringe Dehnbarkeit. Wir wählen also deswegen Siliziumkarbid, das auch in der Industrie für sprödes Material gebraucht wird

(Hartgummi, Marmor, Horn, Perlmutter, Gußeisen). Der Grund liegt darin, daß das sehr harte Siliziumkarbid-Korn auf diesen Materialien gut angreift und wegen seiner Härte nicht schnell stumpf wird.

Die Härte des Siliziumkarbids wird mit 9,75 nach Mohs' angegeben. Man ist jetzt bemüht, die alte Mohs'sche Härteskala durch neue genauere Methoden zu ersetzen, da die Intervalle nach Mohs' den wirklichen Härteunterschieden nicht entsprechen. Eine neue Methode ist z .B. die nach Seebeck (Schleif-Industrie-Kalender 1930):

„Um die Härte quantitativ richtiger zu bestimmen, wendet man heute das sogenannte sklerometrische Verfahren an. Man bestimmt die Härte in der Weise, daß man die Zahl der Umdrehungen feststellt, die notwendig sind, bis eine mit gleichbleibender Geschwindigkeit um ihre Achse kreisende Diamantspitze bei ganz bestimmter Belastung 0,01 mm tief in den zu prüfenden Stoff eingedrungen ist. Wenn man bei diesem von Seebeck angegebenen Verfahren die Härte des Korunds mit 1000 einsetzt, so ergeben sich folgende Zahlen:

Gips	0,04
Kalkspat	0,26
Quarz	40,0
Korund	1000,0

Diamant bedeutend mehr als 1000".

Vergleichend dazu folgt eine Aufstellung der Härten der entsprechenden Materialien nach Mohs. Letztere zeigt klar die Unzulänglichkeit der alten Härteskala.:

Gips	2
Kalkspat	3
Quarz	7
Korund	9,25
Diament	10.

5. Der anzuwendende Druck beim Schleifen;

Durch Aenderung des Druckes kann man bei dem gleichen Schleifstein verschiedene Resultate erreichen, denn mit der Stei-

gerung des Druckes wächst die Materialabtragung. Jedoch ist damit eine stärkere Erhitzung durch Reibung verbunden. Da diese Erhitzung beim Zahn zu einer Schädigung der Pulpa führen würde, darf der Druck beim Schleifen nur schwach sein. Durch schwächeren Druck wird die Oberfläche des Werkstückes glatter, da die einzelnen Körnchen nicht so tief in die Substanz des Zahnes eindringen können. Daraus ergibt sich, für unser Schleifen in der Regel nur leisen Druck anzuwenden, denn die Erzielung einer glatten Oberfläche ist einer starken Materialabtragung mit der damit verbundenen Erhitzung und stärkeren Anrauhung der Oberfläche vorzuziehen. Eine glatte Schliff-Fläche ermöglicht einen guten Randschluß und gibt der Möglichkeit sekundärer Karies-Entwicklung weniger Raum. Ein weiterer Nachteil zu starken Druckes beim Schleifen ist das Verschmieren des Steines. Der Abfall wird nicht mehr fortgeschleudert, sondern vielmehr in die Poren des Steines hineingepreßt und setzt die Schleifwirkung herab.

6. Berührungsbogen.

Von großer Wichtigkeit für den Schleifprozeß ist die Größe des Berührungsbogens zwischen Schleifscheibe und Werkstück. So verlangt Huet, daß nie mehr als $^1/_{20}$ des Umfanges des Schleifsteines im Kontakt mit dem Zahn steht, damit der Abschliff noch weggeschleudert werden kann und außerdem die Geschwindigkeit und Schnittkraft nicht herabgesetzt werden. Bei einem größeren Berührungsbogen setzt sich der Stein durch Abschliff zu und außerdem wird durch die größere Reibung eine stärkere Bremswirkung auf den Stein ausgeübt.

7. Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe:

Um ein Zerspringen der Scheiben zu verhindern, sind in der Industrie lt. ministeriellem Erlaß 25 m/sec. als höchste Umfangsgeschwindigkeit für Schleifräder mit keramischer Bindung und Zuführung des Arbeitsstückes mit der Hand vorgeschrieben. Jedoch läßt man im allgemeinen Scheiben aus Carborundum nur mit einer Geschwindigkeit von 20 –22 m/sec. laufen, während Scheiben aus Korund bei 22—25 m/sec. Umfangsgeschwindigkeit die beste Leistung aufweisen.

Für das Schleifen in der Zahnheilkunde (keramisch-gebundene Scheiben aus Siliziumkarbid) käme also eine Umfangsgeschwindigkeit von ca. 20 m/sec. in Frage.

Ferner muß die Geschwindigkeit nach Härte und Größe der Scheibe und Art des Werkstoffes eingestellt werden.

„Im besonderen muß die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe nach der Bruchfestigkeit des zu bearbeitenden Werkstoffes eingesetzt werden, So bedingt eine hohe Bruchfestigkeit eine kleine Geschwindigkeit. Ferner darf nicht außer Acht gelassen werden, daß durch die Umfangsgeschwindigkeit die Schleifscheibe in ihrer Härte beeinflußt wird. Durch Erhöhung der Drehzahl der Scheibe, also der Umfangsgeschwindigkeit, wirkt eine Schleifscheibe stets härter. Oft wird eine Schleifscheibe für zu hart gehalten, während sie in Wirklichkeit zu schnell läuft. Weiche Scheiben wirken umgekehrt bei höherer Drehzahl härter. Hieraus folgt, daß eine Schleifscheibe, wenn sie bei einer bestimmten Geschwindigkeit am wirtschaftlichsten arbeitet, theoretisch mit konstanter Umlaufsgeschwindigkeit arbeiten soll. Praktisch muß entsprechend der jeweiligen Abnutzung der Scheiben versucht werden, durch Erhöhung der Drehzahl die konstante Geschwindigkeit zu erhalten, oder wenigstens annähernd zu erreichen."

Die Errechnung der Drehzahl geht nach folgender Formel vor sich:

$$n = \frac{V \times 60 \times 1000}{2\pi r} = \text{Drehzahl/Min.}$$

V = Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe in m/sec.
r = Radius der Schleifscheibe in mm.

Folgende Aufstellung zeigt die Abhängigkeit der Umlaufsgeschwindigkeit von Drehzahl und Durchmesser der Scheibe:

Scheiben-Durchmesser in mm	Umdrehungen pro Minute für eine Umfangsgeschwindigkeit von:		
	25 m/sec.	30 m/sec.	35 m/sec.
25	19100	22920	26700
40	11950	14330	16700
50	9550	11460	13350
65	7350	8820	10250
75	6370	7660	...8900
90	5320	6370	..7430

Für einen Schleifstein von 15 mm Durchmesser (größere Steine werden wir kaum im Munde des Patienten verwenden können) müßte unsere Bohrmaschine eine Umlaufszahl von 25470 Touren aufweisen, um die in der Industrie übliche Umfangsgeschwindigkeit von 20 m/sec. zu erreichen. Unsere Bohrmaschinen weisen jedoch eine Drehzahl von rd. 3500 Touren auf, d. h. mit einem Stein von 15 mm Durchmesser erreichen wir eine Umfangsgeschwindigkeit von rd. 2,75 m/sec. Verglichen mit den in der Industrie erreichten Werten von 20—25 m/sec. Umfangsgeschwindigkeit bedeuten diese erreichten Werte eine zu geringe Ausnutzung der Schleifscheiben. Verwenden wir doch oft Schleifrädchen, deren Durchmesser nur wenige Millimeter beträgt und lassen diese mit der gleichen Tourenzahl laufen wie eine Scheibe von großem Durchmesser. Um mit kleinen Scheiben den gleichen Schleifeffekt zu erzielen wie mit großen, müßte man die Tourenzahl bedeutend erhöhen. Unsere Schleifleistungen werden also durch die geringe Umlaufszahl der Bohrmaschinen auf ein Minimum beschränkt, wie auch Huet in seiner Arbeit angibt. Die von der Industrie erreichten Geschwindigkeiten können natürlich nicht vollgültig auf unser Werkstück übertragen werden, da wir es, wie schon erwähnt, mit einem lebenden Organ zu tun haben, das jeden Insult als Schmerz empfindet.

Huet, der eingehende Untersuchungen zur Verbesserung der Schleiftechnik in der Zahnheilkunde unternommen hat, hält folgende Beziehungen zwischen Tourenzahl und Steingröße für erforderlich:

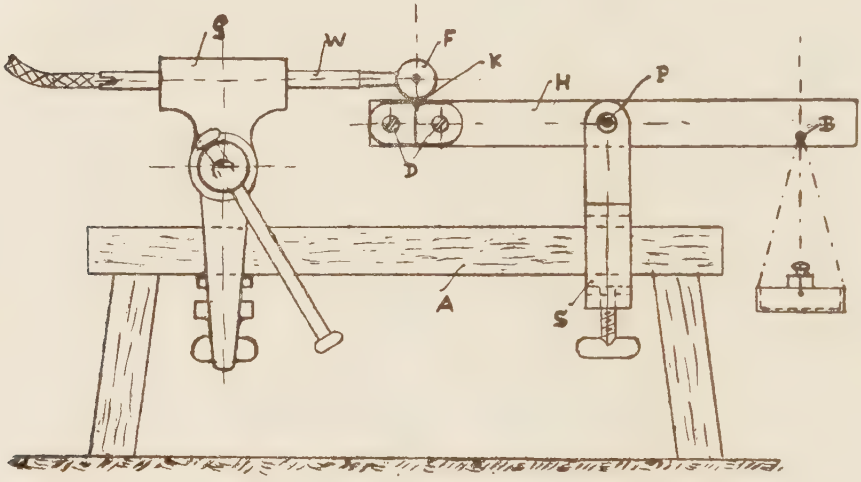
Ein Schleifstein von 30 mm Durchm. verlangt ..7500 Touren
Ein Schleifstein von 25 mm Durchm. verlangt ..9000 Touren
Ein Schleifstein von 20 mm Durchm. verlangt 11000 Touren
Ein Schleifstein von 17 mm Durchm. verlangt 13000 Touren
Ein Schleifstein von 15 mm Durchm. verlangt 15000 Touren

Huet verlangt weiterhin, daß mit zunehmender Tourenzahl der anzuwendende Druck fallen muß.

Für das Freihandschleifen, wie es für uns in Frage kommt, kann der Druck natürlich nicht ganz genau auf Grammwerte festgelegt werden. Im allgemeinen ist für die Schleifarbeiten im Munde des Patienten ein Druck von 50—250 g ausreichend. Wir

können uns auch an keine festen Regeln binden, da wir mit der Hand den Druck nie genau festlegen können, und außerdem die Beschaffenheit des Zahnes und die mehr oder weniger große Empfindlichkeit des Patienten uns oft zwingen, den Druck zu vermindern.

Für den Zahnarzt erscheint es uns jedoch wichtig, sich einmal Klarheit über den Druck beim Schleifen zu verschaffen. Meist wird die Stärke des Schleifdruckes überschätzt. Man kann z. B. leicht durch Belastung einer Briefwage feststellen, mit welchem geringen Druck wir beim Schleifen arbeiten.



Versuchsanordnung.

Bei unseren Versuchen stellten wir uns die Aufgabe zu prüfen, ob schon eine Erhöhung der Tourenzahl unserer Bohrmaschinen um 2000—4000 Touren von Nutzen für die Schleifarbeit im Munde des Patienten ist.

Zur Erhöhung der Tourenzahl wurden die auf das Normen-Winkelstück aufsteckbaren Beschleunigungsköpfe Nr. 1339 a und Nr. 1439 a der Fa. Kaltenbach & Voigt, Potsdam verwendet. Benutzt wurde für das Winkelstück mit Normalkopf und Beschleunigungskopf Nr. 1339a eine Heri-Bohrmaschine (Hersteller Herrmann

& Riefenstahl), jedoch für den Beschleunigungskopf Nr. 1439a eine Ritter-Bohrmaschine. Es mußten zwei verschiedene Bohrmaschinen benutzt werden, da der Motor der Heri-Bohrmaschine bei dem Beschleunigungskopf Nr. 1439a, der eine Verdoppelung der Tourenzahl ermöglicht, nicht mehr durchzog. Ebenso gelang es nicht, bei einer Emda-Bohrmaschine die Schleifversuche mit dem betreffenden Beschleunigungskopf durchzuführen, da auch der Bau dieses Motors zu schwach war. Erst mit der Ritter-Bohrmaschine konnte dieser Kopf für unsere Versuche verwendet werden.

Eine Prüfung der Tourenzahl der drei genannten Bohrmaschinen ergab für die Heri- und Emda-Maschine 3000—3500 Umdr./Min., während die Ritter-Maschine 4300 Touren aufwies.

Für unsere Versuche wurden also folgende Tourenzahlen verwendet:

Normalkopf	3400 Touren
Beschleunigungskopf 1339a	5200 Touren
Beschleunigungskopf 1439a	8600 Touren

Der angewendete Druck beim Schleifen betrug 50, 100, 150 g; die Schleifdauer 30 Sek. für jeden einzelnen Versuch.

Als Schleifsteine wurden die handelsüblichen Siliziumkarbid-Lochscheiben Nr. 6 der Fa. Gebr. Funke A. G., Düsseldorf benutzt (Durchmesser 15 mm, Breite 3 mm). Es wurden die Körnungen grob, mittel, fein verwendet. Die Scheiben haben eine mittlere Härte, entsprechen der Härte „K" der Norton-Härte-Skala, die „Z" als die härteste und „A" als die weichste Scheibe bezeichnet. Die Bindung der Steine ist eine keramische, in der Hauptsache aus Feldpat bestehend.

Die Schleifversuche wurden an extrahierten Zähnen ausgeführt, und zwar im Schmelz. Mit Hilfe einer analytischen Wage wurden die in der Zeit von 30 Sek. abgeschliffenen Schmelzmengen bestimmt.

Für die Versuche konstruierten wir uns einen Apparat, dessen Bau durch folgende Zeichnung erläutert werden soll:

Die Vorrichtung besteht aus dem wagerecht angebrachten Hebel H, der in dem Punkt P in Kugeln drehbar gelagert ist. Es wurde ein Kugellager verwendet, um die Reibung möglichst auszuschalten. Mit einer Klemmschraube S. ist der Hebel auf dem

Tisch A befestigt. An dem Hebel befindet sich rechts im Punkt B eine Aufhängevorrichtung für das Belastungsgewicht; links ist eine Klemme angebracht, mit der man mittels Schraube D den Zahn einspannt. Durch die Kerbe K an der Klemme wird erreicht, daß der Berührungspunkt zwischen Zahn und Schleifstein stets den gleichen Abstand vom Drehpunkt P des Hebels hat, die Hebelarme KP und PB also gleich sind. Das Winkelstück W mit der Schleifscheibe F ist im Schraubstock G eingespannt, der ebenfalls an dem Tisch A befestigt ist.

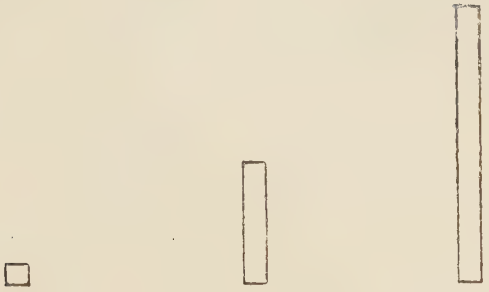
Die Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt: Als Material verwendeten wir extrahierte Molaren mit gut erhaltener Krone und Schmelz. Die Seitenflächen der Zähne wurden plan beschliffen, um etwaige Fehlerquellen, die ihre Ursache in der höckerigen Oberfläche der Zähne hätten, auszuschalten. Mit Hilfe einer analytischen Wage wurde das genaue Gewicht der Zähne bestimmt. Nachdem der zu schleifende Zahn in den Hebel eingespannt war, wurde mit Hilfe von Bleikörnern, die auf die Aufhängeschale für das Belastungsgewicht gelegt wurden, das Gleichgewicht des Hebels wieder hergestellt. Das Einspannen des Winkelstückes wurde in der Weise vorgenommen, daß der Berührungspunkt zwischen den Schleifsteinen und der ebenen Fläche des Zahnes stets der Kerbe entsprach, somit also die Entfernung vom Drehpunkt des Hebels bei allen Versuchen die gleiche blieb. Darauf wurde die Wagschale mit 50, 100 bezw. 150 g belastet, um den Zahn mit einem bestimmten Druck gegen den Schleifstein zu pressen. Mit einer Stoppuhr wurden die Schleifversuche auf eine Zeit von 30 Sek. eingestellt. Nach jedem Versuch wurde der Zahn gewogen und die abgeschliffene Schmelzmenge bestimmt. Es wurden je 15 Versuche unternommen und daraus der Mittelwert errechnet. Dieser Mittelwert wurde dann für die Aufstellung der unten folgenden Tabellen verwendet.

Um den Verhältnissen im Munde zu entsprechen, wurde das Schleifen unter ständiger Berieselung mit kaltem Wasser vorgenommen.

1. Versuchsreihe.

Druck 50 g, Korn mittel.

Abb. 1.



Abschliff in mg	1,5	8,1	18,5
Tourenzahl n =	3400	5200	8600

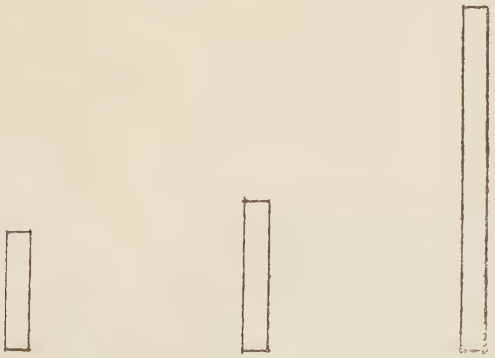
Es wurde untersucht, wie bei dem geringen Druck von 50 g eine Erhöhung der Tourenzahl den Schleiferfolg beeinflußt. Abb. 1 zeigt eine deutliche Verbesserung der Schleifleistung bei höherer Tourenzahl. Schon eine Erhöhung der Tourenzahl um 1800 verbessert die Schleifleistung um mehr als das Fünffache. Bei dem stärkeren Beschleunigungskopf (Tourenzahl 8600) steigt die Menge des Abschliffs auf das Zwölffache; es ergibt sich daraus, daß bei geringem Druck der Schleifeffekt mit wachsender Tourenzahl bedeutend steigt.

Vergleichend dazu folgt die Prüfung mit stärkerem Druck:

2. Versuchsreihe:

Druck 100 g, Korn mittel.

Abb. 2.



Abschliff in mg	7,8	9,9	22,6
Tourenzahl n =	3400	5200	8600

Bei der Betrachtung dieser Aufstellung sehen wir, daß die Schleifleistung nicht in dem Maße steigt, wie bei dem ersten Versuch. Eine geringe Erhöhung der Tourenzahl (um 1800 Touren) verbessert den Schleiferfolg nicht wesentlich. Erst bei der dritten Tourenzahl erreichen wir eine verstärkte Abschliffmenge.

3. Versuchsreihe.

Druck 150 g, Korn mittel.

Abb. 3.

Abschliff in mg	18,1	30,6	51,7
Tourenzahl n =	3400	5200	8600

Auch dieser Versuch zeigt, daß bei starkem Druck die Schleifleistung mit Erhöhung der Tourenzahl nicht in dem gleichen Verhältnis steigt wie bei dem ersten Versuch. Nur die dritte Tourenzahl bringt eine merkliche Verbesserung der Schleifleistung.

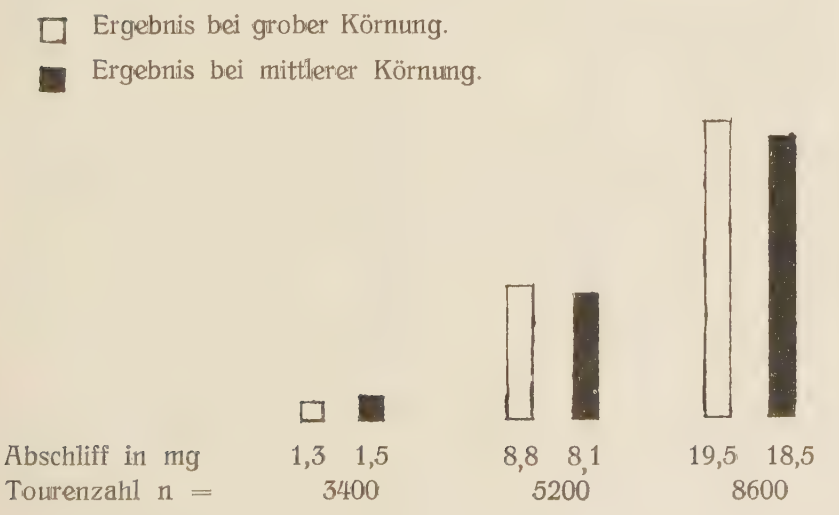
Aus den Versuchsreihen 1—3 ergibt sich, daß sowohl eine Steigerung des Druckes als auch eine Erhöhung der Tourenzahl den Schleifeffekt verbessern. Einer starken Erhöhung des Druckes sind bei Schleifarbeiten im Munde des Patienten jedoch meist Grenzen gesetzt. Starker Druck führt zu einer Schädigung der Pulpa. Infolgedessen sind wir gezwungen, geringen Druck beim Schleifen anzuwenden, meistens werden wir 50—100 g anwenden. Auch Huet verlangt für das Schleifen im Munde einen Druck von durchschnittlich 50 g, da nach seinen Untersuchungen bei dieser Druckstärke kaum eine Erhitzung des Zahnes stattfindet, während ein stärkerer Druck stets zu einer starken Erhitzung führt.

Wie auch die obigen Versuche zeigen, wirkt sich bei einem Druck von 50 g eine Erhöhung der Tourenzahl am günstigsten aus. Wir hatten die Untersuchungen mit Schleifscheiben mittlerer Körnung unternommen. Um den Einfluß der Körnung kennenzulernen, stellten wir die gleichen Versuche noch mit Steinen grober und feiner Körnung an. Es folgen zuerst die Versuche mit Steinen grober Körnung bei verschiedenem Druck und verschiedener Tourenzahl. Um klare Vergleiche zu bringen, haben wir gleichzeitig die Ergebnisse mit Steinen mittlerer Körnung eingezeichnet.

4. Versuchsreihe.

Druck 50 g, Korn grob.

Abb. 4.

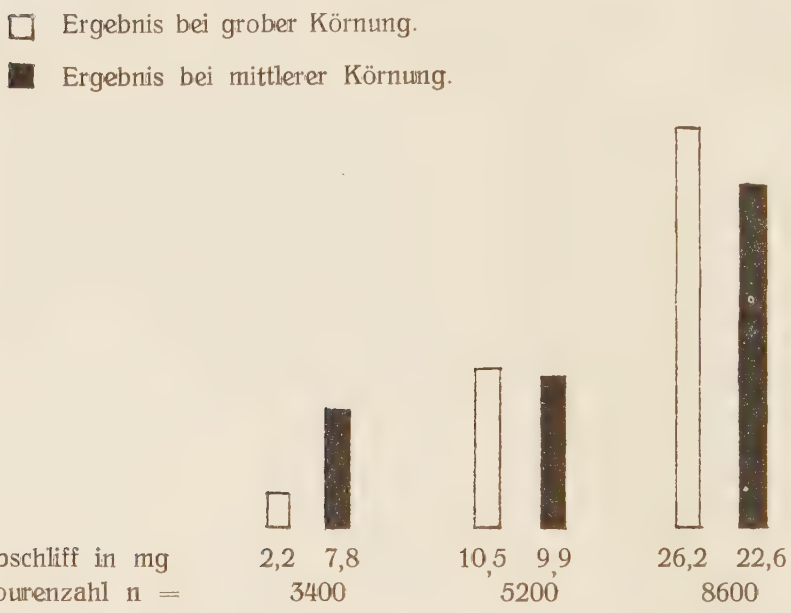


Die Abbildung zeigt, daß bei einem Druck von 50 g das grobe Korn ungefähr die gleiche Schleifwirkung hat wie das mittlere Korn.

5. Versuchsreihe.

Druck 100 g, Korn grob.

Abb. 5.



Auch bei diesem Versuch zeigt sich, daß die mittlere und grobe Körnung fast die gleiche Schleifwirkung haben. Bei der dritten Tourenzahl (8600) ist mit dem groben Korn eine geringe Vergrößerung des Abschliffs festzustellen.

6. Versuchsreihe.

Druck 150 g, Korn grob.

Abb. 6.

Wir sehen aus Abb. 6, daß bei der ersten und zweiten Tourenzahl (3400 u. 5200) das mittlere Korn bessere Resultate ergibt, während bei der dritten Tourenzahl (8600) die grobe Körnung etwas besser schleift.

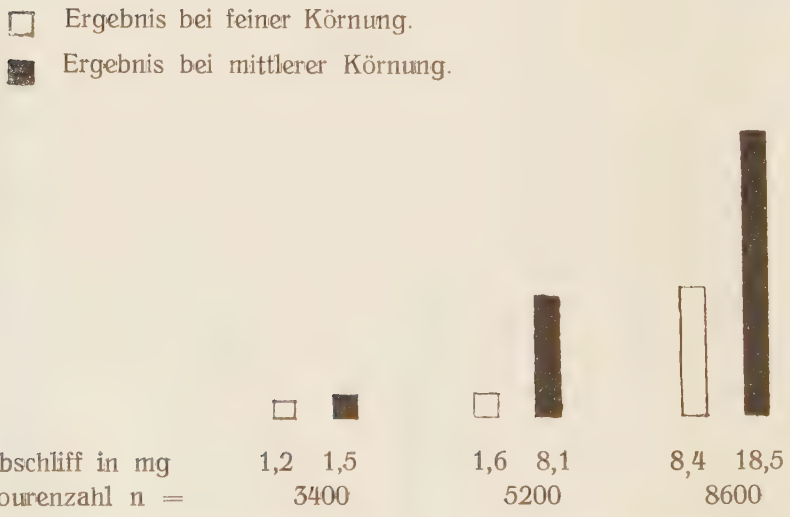
Zusammenfassend ergibt sich, daß bei Erhöhung der Tourenzahl die mittlere Körnung für unsere Schleifarbeit ausreicht. Es ist dies vorteilhaft, da eine Vergrößerung unserer Schleifstein-Sortiments uns nur hinderlich in der Arbeit sein würde.

Es folgen nun die Untersuchungen mit Steinen feiner Körnung.

7. Versuchsreihe.

Druck 50 g, Korn fein.

Abb. 7.



Die Versuche ergeben, daß die mittlere Körnung bei Anwendung geringen Druckes der feinen Körnung in der Schleifwirkung bedeutend überlegen ist.

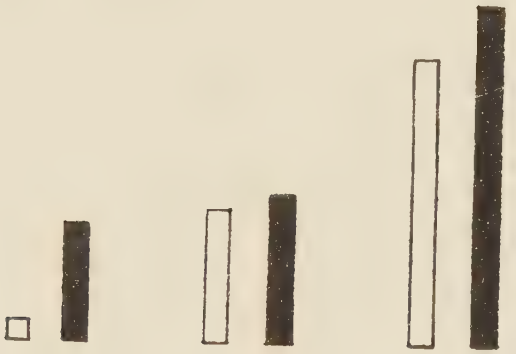
8. Versuchsreihe.

Druck 100 g, Korn fein.

Abb .8.

□ Ergebnis bei feiner Körnung.

■ Ergebnis bei mittlerer Körnung.



Abschliff in mg	1,4	7,8	8,8	9,9	19,0	22,6
Tourenzahl n =	3400		5200		8600	

Bei dem Druck von 100 g weist die feine Körnung ebenfalls keine so günstigen Schleifresultate auf wie die mittlere Körnung. Allerdings sind die Ergebnisse bei diesem Versuch im Verhältnis besser als bei dem Druck von 50 g.

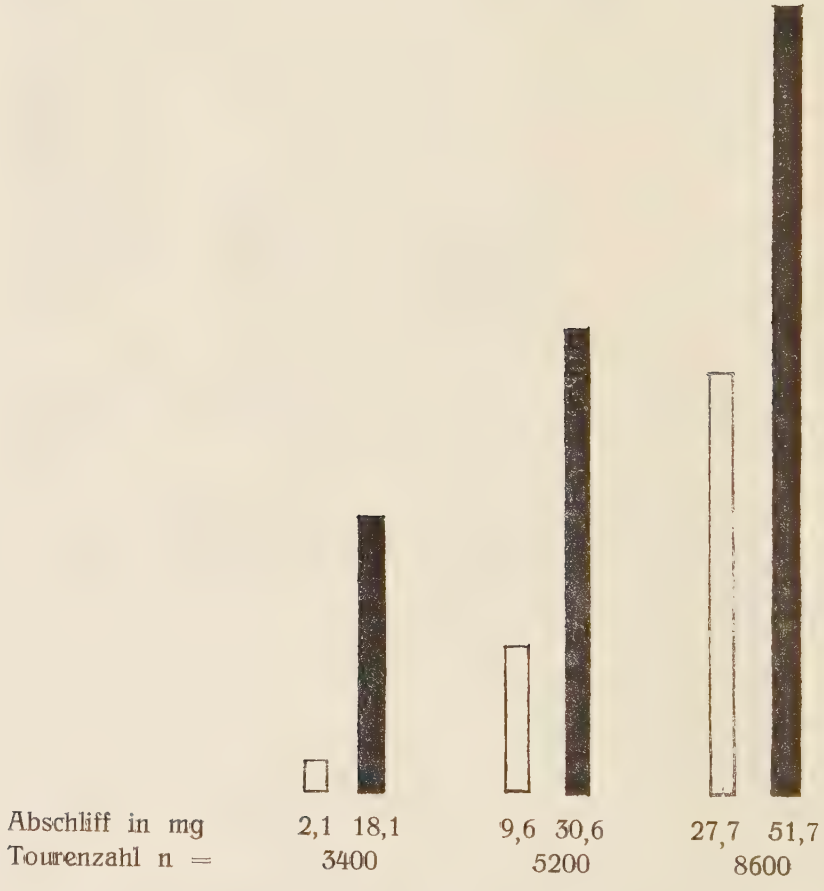
9. Versuchsreihe.

Druck 150 g, Korn fein.

Abb. 9.

□ Ergebnis bei feiner Körnung.

■ Ergebnis bei mittlerer Körnung.



Auch diese Aufstellung zeigt, daß die feine Körnung bei starkem Druck nicht die gleichen Abschliffmengen erzeugt, wie die mittlere Körnung.

Die Versuchsreihen 4—9 ergeben, daß wir auch bei der höheren Tourenzahl mit der mittleren Körnung die günstigsten Resultate erzielen, abgesehen von geringen Abweichungen bei der groben Körnung, die praktisch keine Bedeutung haben.. Dies ist für die Praxis von großem Vorteil, da wir, um rationell zu arbeiten, unser Instrumentarium möglichst klein gestalten müssen. Die bisher in der Praxis verwendeten Steine können also auch für die Beschleunigungsköpfe weiter verwendet werden.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß die von der Industrie herausgebrachten Beschleunigungsköpfe wesentlich zur Verbesserung unserer Schleifleistung beitragen. Dadurch wird auch das in der zahnärztlichen Praxis in den letzten Jahren angeregte Bestreben, den Bohrer durch den Schleifstein zu ersetzen, unterstützt. Der Schleifstein ist außerdem ein sehr wirtschaftliches Schleifinstrument; das einzige Schleifmittel, welches bei richtigem Gebrauch imstande ist, sich selbst scharf zu halten, während der Stahlbohrer von Zeit zu Zeit aufgeschärft werden muß. Da wir jedoch den Stahlbohrer, der infolge seines geringen Umfanges den Zugang zu kleinen Kavitäten ermöglicht, nie ganz in der Praxis entbehren können, muß unsere Bohrmaschine auch die bisher übliche niedrige Tourenzahl beibehalten.

So ist die von der Industrie geschaffene Lösung zu begrüßen, die es ermöglicht, ohne große finanzielle Opfer eine Verbesserung der Schleifleistung zu erreichen. Zwar wäre es für den Praktiker bequemer, z. B. mit Hilfe des Fußkontaktes die Bohrmaschine auf niedrige oder hohe Tourenzahl einzuschalten. Dazu wäre es jedoch erforderlich, daß die Konstruktion des Motors wesentlich geändert würde, was infolge der heutigen Notzeit wiederum zu einer finanziellen Belastung der Praxis führen würde. Außerdem wäre dann noch zu bedenken, ob unsere Hand- und Winkelstücke in ihrem Bau der starken Beanspruchung und Erwärmung des Getriebes infolge der hohen Tourenzahl gewachsen wären.

Auswertung der Versuche für die Praxis.

Um die Ergebnisse unserer Untersuchungen auch auf die Praxis anzuwenden, haben wir seit einem halben Jahr die Beschleunigungsköpfe für die Kavitätenpräparation im Munde des

Patienten verwendet. Dabei erzielten wir sehr günstige Resultate. Wir konnten feststellen, daß neben einer bedeutenden Zeitersparnis das Schleifmaterial weitgehend geschont wurde; so trat ein Verschmieren des Steines kaum ein, während es bei der einfachen Tourenzahl häufiger vorkommt. Dies ist durch folgende Ueberlegungen zu erklären.:

Durch die höhere Umlaufsgeschwindigkeit der Schleifscheibe ist gleichzeitig die Zentrifugalkraft verstärkt, also wird der Abschliff mit größerer Kraft fortgeschleudert und die Gefahr der Verschmierung des Steines geringer.

Eine starke Erwärmung des Zahnes infolge der hohen Tourenzahl können wir dadurch vermeiden, daß wir, neben der Berieselung des Steines mit Wasser, den Druck beim Schleifen vermindern. Weiterhin wird durch schwachen Druck das Abbremsen der Bohrmaschine auf ein Minimum reduziert, also die Umlaufsgeschwindigkeit nur wenig herabgesetzt. Diese Ueberlegung kann man sich leicht an einer Schleifmaschine mit geringer Tourenzahl veranschaulichen.:

Stellt man z. B. eine Poliermaschine im zahnärztlichen Laboratorium auf 1000 Touren ein und drückt eine Platte mit steigendem Druck gegen die Polierscheibe, dann kann man beobachten, wie die Umlaufsgeschwindigkeit sinkt und bei sehr starkem Druck die Scheibe schließlich zum Stillstand kommt.

Betrachten wir vergleichend dazu unsere Versuche, so finden wir die obige Tatsache auch hier bestätigt. Bei dem Druck von 150 g führt eine Erhöhung der Tourenzahl nicht zu der gleichen Steigerung der Schleifleistung wie bei dem Druck von 50 g (vergl. Versuchsreihe 1 u. 3).

Ein schwacher Druck beim Schleifen wird außerdem vom Patienten angenehmer empfunden, da die Erschütterung des Zahnes geringer ist. Wenn man gleichzeitig kurze Arbeitspausen einschaltet, kann man die Erwärmung so weit verringern, daß keine Schädigung der Pulpa eintreten kann. In den Pausen tritt eine Abkühlung des Zahnes ein, und es liegt in der Hand des Behandelnden, die Schleifzeiten so zu bemessen, um eine Gefährdung der Pulpa zu verhindern. Wie die Untersuchungen von Türckheim (nach Witt) zeigen, kann der Schmelz bis zu 90—95 Grad Celsius

erwärmt werden, ehe eine Weiterleitung der Wärme an das Dentin, also Schmerzempfindung, eintritt.

Außerdem können wir durch Wasserkühlung die Wärmeentwicklung beim Schleifen vermindern. Es ist zwar nicht erwiesen, ob durch die Kühlung die Schleifleistung vergrößert wird. Jedoch treten wir auch aus dem Grunde für das Naß-Schleifen ein, um die Staubentwicklung und somit ein Eindringen von Staubteilchen in die Atemwege des Patienten und Zahnarztes zu verhindern.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß unsere Untersuchungen in Theorie und Praxis über die Zusammenhänge zwischen Druck und Tourenzahl beim Schleifprozeß und zu folgenden Forderungen führen:

Wir müssen mit höherer Tourenzahl schleifen, um unser Schleifmaterial besser auszunützen. Außerdem können wir unsere Behandlungsart der Psyche des Patienten anpassen. Bei sehr empfindlichen Patienten können wir den Druck stark vermindern und trotzdem gute Resultate erzielen. Eine nicht zu unterschätzende Tatsache ist weiterhin, daß die Präparation eines Zahnstumpfes für eine Krone oder einer Kavität für die Füllung in bedeutend kürzerer Zeit vor sich geht, als es mit unserer normalen Bohrmaschine mit 3000 bis 3500 Touren der Fall ist.

Diese Gründe dürften genügen, dem überaus wichtigen Einfluß von Tourenzahl und Druck auf den Schleifprozeß in der zahnärztlichen Praxis mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

Zum Schluß sei es mir erlaubt, Herrn Privat-Doz. Dr. Münzesheimer für die freundliche Ueberlassung des Themas und die liebenswürdige Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit bestens zu danken. Außerdem bin ich Herrn Senator Kleinschmidt, Düsseldorf für die wertvollen fachmännischen Anregungen und der Fa. Gebr. Funke A. G., Düsseldorf für das zur Verfügung gestellte Material zu Dank verpflichtet.

Literatur.

Buxbaum: „Das Schleifen der Metalle“ In Werkstattbücher 1921, Heft 5.

Hille: Zahnärztliche Instrumentenlehre. Verl. Meusser, Berlin.

Huet: La technique du meulage. Imprimée médicale et scientifique, Bruxelles.

— Innocuité des accidents par éclatement de meules.

Kleinschmidt: Schleif-Industrie-Kalender 1928, 1929, 1930, 1931.

Krumsiek: Ueber das Schleifen und die Schleifsteine. Diss. Bonn 1930.

Lanser: Elektrische Bohrmaschinen nach Huet.

Marggraf: Das Schleifen, Beizen und Polieren des Holzes, Elfenbeines, Hornes, Knochens etc. Verl. Voigt, Leipzig.

Mathieu: Untersuchungen an Schleifsteinen für zahnärztliche Arbeiten. Diss .Rostock 1932.

Mühlreiter: Die Anatomie des menschlichen Gebisses. Verl. Felix, Leipzig.

Rohde: Bedeutung und Leistungsprüfung von Schleif- und Poliermaterialien unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Zahnheilkunde. Diss. Rostock 1930.

— Moderne Schleiftechnik in der Zahnheilkunde. Deutsche zahnärztl. Wochenschr. 1932.

Schönbeck: Materialkunde der zahnärztlichen Technik. Verl. Meusser, Berlin.

Wahlburg: Die Schleif-, Polier- und Putzmittel für Metalle, Glas, Holz etc. Verl. Hartleben, Leipzig-Wien.

Wallichs: Schleiftechnische Untersuchungen. Aus Schleifmittelindustrie Hoya-Weser. 1928.

Werkmeister: Zur Reibung beim Schleifen. Aus Schleifmittelindustrie Hoya-Weser. Jahrg. 1929, Heft 21.

Wilda: Zur Theorie des Schleifens. Aus „Die Werkzeugmaschine“. Jahrg. 1919 H. 33.

Witt: Ueber Temperaturpunkte und Schmerzempfindung im Dentin. Aus „Zahnärztl. Rundschau“. Jahrg. 1930 H. 41 u. 42.

Zopf: Ueber Schleifmittel. Aus „Werkstatt-Technik“, Jahrg. 1920, Heft 8.

Lebenslauf.

Ich, Anneliese Franke, wurde am 19. Mai 1907 als Tochter des Ober-Ingenieurs Otto Franke zu Hainichen i. S. geboren. Im Jahre 1913 zogen wir nach Berlin-Siemensstadt, wo ich die Vorschule besuchte. An der real-gymnasialen Studienanstalt in Spandau bestand ich Ostern 1927 das Abiturium. Im Herbst dieses Jahres trat ich bei Herrn Apothekenbesitzer Kirscht, Stolp i. P. als Apothekenpraktikantin ein. Im Herbst 1928 gab ich diese Ausbildung auf und wandte mich dem Studium der Zahnheilkunde zu.

Ich studierte in Berlin, bestand dort nach drei Semestern das Physikum und verbrachte noch zwei klinische Semester an der Berliner Universität. Die drei letzten Semester studierte ich in Rostock und bestand dort im Juni 1932 das zahnärztliche Staatsexamen.

Während meines Studiums war ich mehrere Monate in der Material-Prüfstelle des Schaltwerkes, Siemens-Schuckertwerke, Siemensstadt als Werkstudentin tätig. Aus dieser Beschäftigung habe ich wertvolle Anregungen für meine Doktorarbeit erhalten.

Am 1. August 1932 ließ ich mich in meiner Heimatstadt Berlin-Siemensstadt als prakt. Zahnärztin nieder und beschäftigte mich neben meiner Praxis mit der vorliegenden Arbeit.